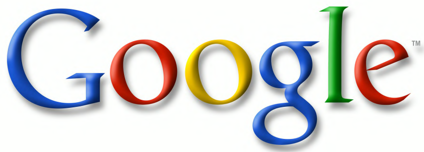





EX LIBRIS
ALBERT TISSANDIER


THE LIBRARY OF CONGRESS

AÉROSTATION POPULAIRE

EXPOSITION INTERNATIONALE DE 1889

PROJET DE CONSTRUCTION

D'UN GRAND

BALLON CAPTIF A VAPEUR

(SYSTÈME HENRY GIFFARD)

PAR

GABRIEL YON

Capacité de l'aérostat.	60.000 mètres cubes.
Altitude des ascensions	1.000 mètres de hauteur.
Nombre de personnes soulevées.	100 voyageurs par ascension.
Puissance de la machine	600 chevaux sur les pistons.

PARIS

GEORGES CHAMEROT, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

19, RUE DES SAINTS-PÈRES, 19

1886

Souvenir affectueux de l'auteur
à ses amis et collègues
Albert et Gaston Tissandier
Gabriel Yon

AÉROSTATION POPULAIRE

EXPOSITION INTERNATIONALE DE 1889

PROJET DE CONSTRUCTION

D'UN GRAND

BALLON CAPTIF A VAPEUR

(SYSTÈME HENRY GIFFARD)

PAR

GABRIEL YON

Capacité de l'aérostat.	60.000 mètres cubes.
Altitude des ascensions	1.000 mètres de hauteur.
Nombre de personnes soulevées.	100 voyageurs par ascension.
Puissance de la machine	600 chevaux sur les pistons.

PARIS

GEORGES CHAMEROT, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

19, RUE DES SAINTS-PÈRES, 19

1886

AÉROSTATION POPULAIRE

EXPOSITION INTERNATIONALE DE 1889

GRAND BALLON CAPTIF A VAPEUR

DE 60.000 MÈTRES CUBES

(SYSTÈME HENRY GIFFARD)

AVANT-PROPOS

Les résultats obtenus pendant l'exploitation du premier ballon captif à vapeur de 1867 au Champ de Mars décidèrent le célèbre inventeur à renouveler l'expérience en plus grand pendant l'Exposition Universelle de Paris en 1878.

Les chiffres qui ressortirent de cette dernière entreprise approchent en recette brut de *un million de francs* pour *cent jours* seulement que l'appareil complet fut livré au public payant, c'est-à-dire du 20 juillet à la fin d'octobre de la même année.

De ce qui précède il est permis de supposer que l'on aurait pu dépasser de beaucoup dans les mêmes conditions le chiffre ci-dessus en commençant le 1er mai, date officielle de l'ouverture, ce qui aurait donné quatre-vingts jours de

plus à l'exploitation, il est facile du reste d'établir, en se servant du total obtenu et encaissé, ce que seraient devenues les recettes en admettant que cette exploitation eût été égale en durée à l'exposition elle-même;

$$\text{soit } \frac{1.000.000}{100} \times 180 \text{ jours} = 1.800.000 \text{ francs.}$$

J'ajouterai encore que mon opinion personnelle me porte à croire que cette dernière somme aurait été elle-même très amplement dépassée si l'appareil et ses différents organes avaient été installés dans l'intérieur de l'exposition, c'est-à-dire au milieu et en plein centre de l'affluence humaine et cosmopolite qui s'y est croisée de mai à novembre, au lieu d'être placés dans la cour des Tuileries.

En résumé, le magnifique appareil aérostatique et mécanique que tout le monde a pu admirer a été établi pour environ 700.000 francs, ou à peine les 2/5e des recettes normales qu'il était susceptible de produire dans l'espace de six mois.

Les frais généraux ou journaliers quelconques avaient été largement compensés et plus que couverts à la fin de l'exposition par la valeur du matériel entièrement amorti, restant en propre à l'inventeur, matériel qui aurait pu être de nouveau installé et exploité soit en France, soit à l'Étranger; malheureusement la mort de M. Henry Giffard ne permit pas de donner suite à cet ordre d'idée.

On m'objectera probablement que le ballon de 1878 dont il est parlé s'est déchiré sur place pendant la seconde année et c'est surtout sur cette question que je tiens à rassurer le public en lui expliquant que la déchirure dont

il s'agit, due en partie à l'insuffisance du laveur à hydrogène et surtout à l'inattention du personnel préposé à la manipulation des acides, ne peut être dans aucun cas attribué au manque de résistance de l'étoffe de l'aérostat proprement dit.

Cet incident m'a conduit à rechercher un nouveau genre de distribution pour les appareils à production d'hydrogène pur, et à cet effet j'en ai rendu tous les organes dans leur ensemble entièrement automatiques de façon à obtenir un débit général, absolument constant, solidaire et proportionnel à la quantité de gaz produit avant son entrée dans l'enveloppe de l'aérostat, de façon à éviter dorénavant toute erreur.

Ceci une fois posé, nous allons examiner le projet d'un ballon captif à vapeur système Giffard, ramené dans des proportions nouvelles de grandeur et de puissance permettant facilement son installation dans toutes les expositions internationales, ainsi que des diverses modifications que nous croyons devoir y apporter pour rendre ce genre d'appareil scientifique aussi pratique que possible.

EXPOSÉ GÉNÉRAL

Le dernier grand ballon captif de l'Exposition de 1878 avait comme capacité théorique 24.429 mètres cubes, tandis que celui que je propose de construire en aurait dans les mêmes conditions 57.906 mètres, ou plus du double :

Diamètre du ballon de 1878 = 36 mètres.
Diamètre du ballon projeté de 1889 = 48 mètres.

Soit 12 mètres ou 1/3 du diamètre de différence entre le premier et le second.

Il ressort cependant de ce léger écart de proportion que pour cette faible augmentation dans le diamètre de la sphère son cube s'en trouve beaucoup plus que doublé, tandis que sa maîtresse section ne croît, toute proportion gardée, que ~~[illegible]~~ de 70 p. 100, d'où il est facile de conclure que l'on reste maître d'augmenter d'environ 100 p. 100 toutes les résistances du matériel montant, en tant qu'étoffe, filet, cordages, câble, nacelle et engins d'arrêt, tandis que l'effort que tous ces différents organes auraient à subir n'atteindrait que les 7/10e de la puissance supplémentaire qu'il est possible de leur communiquer.

D'autre part :

Entre la mise de fonds qui a été nécessaire pour la construction du 25.000 mètres cubes en 1878 et celle du nouveau projet que j'indique pour l'exécution du premier Géant des Airs de 60.000 mètres cubes, la différence se trou-

verait seulement augmentée de 40 p. 100. Or la somme totale de dépenses ressortirait par conséquent et au maximum par *un million de francs;* mais le nombre de voyageurs pouvant être soulevés serait presque triplé puisqu'en 1878 ce nombre n'était que de 40 personnes pour une altitude de 500 mètres, tandis qu'il atteindrait avec le nouvel appareil 100 personnes pour 1.000 mètres de hauteur, et qu'il serait quadruplé pour les ascensions moyennes à demi-course, pour lesquelles le câble ne serait déroulé que de moitié, soit de 500 mètres, ce qui permettrait d'enlever (environ) 160 personnes à un prix unique de *cinq francs* par voyageur.

Les ascensions à cette altitude pourraient être facilement de trois par heure, tandis que les grandes à un kilomètre avec 100 personnes à bord ne seraient que de deux; mais le prix de ces dernières s'adressant à un public choisi pourrait être proportionnel à la hauteur atteinte et à la durée du voyage aérien, ce qui compenserait largement la différence.

Dans un cas comme dans l'autre, l'on pourrait exécuter une moyenne de vingt ascensions par jour et en comptant seulement pour toute la durée de l'Exposition 150 jours de temps propice au fonctionnement de l'appareil on obtiendrait le résultat ci-dessous :

$$150 \times 20 \times 160 \times 5 \text{ francs} = 2.400.000 \text{ francs},$$

les entrées dans l'enceinte ressortiraient d'autre part à

$$150 \times 20 \times 160 \times 0^{fr}50 = 240.000 \text{ francs}.$$

Reste à ajouter le nombre des visiteurs qui est au moins de trois fois supérieur à celui des voyageurs montants, ce qui permet d'admettre le total général des recettes proba-

bles pour le chiffre brut de *trois millions de francs* représentant l'exercice de l'exploitation du système pendant l'Exposition de 1889, à Paris. La balance reste donc naturellement au profit de l'aérostat de grand volume.

Ce colossal appareil formerait un centre attractif autour duquel il serait facile de grouper tout ce que la science aérostatique moderne a fait de mieux jusqu'à ce jour, en servant de point central à un groupe d'exposition spéciale aéronautique, se rapprochant de près ou de loin à tout ce qui se rattache à l'aérostation en général et à la direction aérienne en particulier.

Cet exposé une fois admis, je vais passer de suite à la partie technique en employant les mêmes formules qui ont servi en 1878.

PARTIE TECHNIQUE

DIMENSIONS PRINCIPALES

Aérostat.	Diamètre	48^{m},
	Circonférence	150^{m},796
	Surface	7.238^{m},246
	Cube théorique.	57.905^{m},971
	Cube sous pression de 3 centimètres d'eau.	60.000^{m},000
	Section du maître couple.	1.809^{m},552

Ballon confectionné en [redacted] six épaisseurs de tissu en ponghée ou soie de Chine entrecroisé chaîne et trame de façon à avoir le maximum de résistance et relié entre eux par une dissolution de caoutchouc naturel pour les quatre pla-

cées à l'intérieur et vulcanisé pour les deux derniers complémentaires externes appelés à servir de gaine de sûreté ou de couverture au tissu central utile, tout en ne formant qu'un seul et même tout, homogène, composé de six épaisseurs de textiles et de sept épaisseurs de caoutchouc.

Les coutures des fuseaux recouvertes par des bandes collées à l'intérieur et à l'extérieur et le tout en tant qu'enveloppe complète, verni sur la face externe comme sur la face interne au moyen d'une préparation hydrofuge de composition spéciale pour chacune d'elles.

COMPOSITION DE L'ÉTOFFE

	Poids divers	Coefficient de résistance.	Rupture de l'ensemble tout verni.
	Grammes.		Kilogrammes.
A. Vernis intérieur.	100	»	»
1. Caoutchouc vulcanisé	30	»	»
2. Soie de Chine	80	9.000	720
3. Caoutchouc vulcanisé	80	»	»
4. Soie de Chine	80	12.000	960
5. Caoutchouc naturel.	100	»	»
6. Soie de Chine.	80	12.000	960
7. Caoutchouc naturel.	100	»	»
8. Soie de Chine.	80	12.000	960
9. Caoutchouc naturel.	100	»	»
10. Soie de Chine.	80	12.000	960
11. Caoutchouc vulcanisé	80	»	»
12. Soie de Chine.	80	9.000	720
13. Caoutchouc vulcanisé	30	»	»
B. Vernis blanc extérieur. . . .	100	»	»
	1 kil.,200 par mètre carré.		5.280 kil. par mètre carré.

Le coefficient de résistance trouvé ci-dessus peut être pris comme minimum, car l'expérience a démontré que les

mêmes étoffes reliées entre elles par une dissolution de caoutchouc et essayées aux efforts dynamométriques après coup dépassaient de 5 p. 100 la somme de rupture générale des tissus additionnés entre eux, ce qui permet de porter la résistance totale de l'étoffe à 5.500 kilogrammes en chiffre rond.

DÉTAIL DU FILET ET DE SES ORGANES

Réseau des mailles.	Nombre des mailles à la circonférence. .	384
	Dimension d'une des mailles	0^{m},3926
	Nombre des cordes formant le réseau total.	768
	Diamètre d'une de ces cordes.	0^{m},012
	Poids d'une de ces cordes par mètre. .	0^{kil},117
	Effort à la rupture.	$1200^{kil.}$
	D'où, une résistance générale (abstraction faite des angles décrits pendant la confection du filet et conforme à la figure géométrique de l'aérostat entièrement gonflé, mais en supposant l'ensemble travaillant à la verticale),	
	Soit 768 × 1.200 kilogr. = en chiffres ronds	$900.000^{kil.}$
Suspension et amarres.	Nombre des petites pattes d'oie.	192
	— des grandes —	96
	— des cordes de suspension.	48
	— des cordes de la nacelle.	24
	— des amarres fixées au sol.	12
	Haubanage des équateurs à la circonférenco de l'aérostat :	
	Nombre des petites pattes d'oie.	192
	— des grandes —	96
	Pouliage de jonction.	48
	Moufles d'amarres sur le sol.	24

La résistance de ces suspensions et amarres est calculée de façon à répondre à la même somme d'effort que le réseau de mailles composant le filet lui-même.

L'ensemble de la corderie serait fabriquée avec des chanvres de Naples et cachouté préalablement.

Tout le maillage s'opérerait par passage et goupillage spécial afin d'éviter l'épaisseur des nœuds ordinaires et chaque point de jonction serait encore enveloppé sur les ligatures au moyen d'un petit cuir léger afin d'en faciliter le glissement sur l'étoffe de l'aérostat sans craindre d'en froisser ou d'en érailler le tissu.

CABLE D'ASCENSION

La hauteur maximum des ascensions captives serait limitée à 1.000 mètres, altitude plus que suffisante pour jouir à vol d'oiseau et à l'œil nu, par un beau temps clair, d'un immense panorama circulaire dont le rayon peut être estimé à environ 100 kilomètres.

Les diamètres respectifs de ce câble conique à section décroissante, depuis son point de jonction avec le ballon jusqu'à son point d'amarre sur le treuil de la machine, seraient :

Pour le gros bout de.	0^{m},130
Pour le petit bout de.	0^{m},100
Rupture correspondante au sommet. . . .	100.000 kilogr.
— — à la base.	60.000 —

Nous traiterons plus loin du coefficient de résistance

de tous les organes qui précèdent en rapport des efforts qu'ils auront à supporter.

NACELLE

La nacelle construite tout en bois de noyer, sauf pour les planchers que l'on confectionnerait en bois blanc, serait composée d'un grand cercle extérieur relié par des entretoises à un cercle plus petit intérieur de façon à former un tout solidaire et à obtenir en plan une figure annulaire ; chacun de ces cercles recevrait à des distances égales des montants verticaux reliés et entrecroisés par des croix de Saint-André formant panneaux et servant de supports aux mains courantes supérieures ; la galerie, recouverte d'étoffe comme garniture, serait desservie par deux portes construites dans les mêmes conditions qu'il vient d'être dit, et un filet préservateur entourerait pour plus de sûreté la partie vide du dessus de la main courante au cercle de suspension supérieur.

Nacelle.	Diamètre extérieur de la nacelle.	9^{m}
	— intérieur de la nacelle.	6^{m}
	Largeur de la galerie circulaire.	1^{m},50
	Surface du plancher	35^{m},325

Les soutes formées par les entretoises ou lambourdes du plancher serviraient de magasins pour les différents engins d'arrêt tels que guiderope, corde-frein, ancre, etc.

Ces organes, en cas d'accident, seraient lovés par avance dans chaque case rayonnante dont le fond serait fermé par un filet rigide équipé et agencé avec un nouveau système

de déclanchement afin de pouvoir être largué d'un seul coup à la volonté de l'aéronaute sans qu'il soit besoin de soulever autrement les panneaux, ni faire d'autres manœuvres quelconques, modification précieuse sur laquelle j'appelle l'attention de mes collègues en aérostation; le lest et l'outillage nécessaire aux manœuvres placés bien à la main du capitaine de bord, autour du petit cercle intérieur et rangé symétriquement dans une case circulaire formant banc de repos pour le public montant.

DÉTAIL DES SOUPAPES

La soupape supérieure construite toute en bois et métal repoussé aurait un diamètre de $1^{m},200$; elle porterait un disque à tige centrale directrice avec rebord circulaire extérieur muni d'un système de couteau jointif par pression sur rondelle de caoutchouc; ce disque serait supporté lui-même par des ressorts métalliques et commandé par une corde descendant verticalement jusqu'à la nacelle à la portée de l'aéronaute.

La soupape inférieure ou appendice de sûreté serait à mouvement automatique réglable à volonté suivant l'état de l'atmosphère s'ouvrant du dedans au dehors sous la pression même du gaz contenu dans l'aérostat; elle aurait $1^{m},600$ de diamètre, sa construction serait très sensiblement pareille à celle du sommet du ballon.

PARTIE MÉCANIQUE

Les principaux organes constituant le côté mécanique du système sont très intéressants et pour certain d'entre eux d'une délicatesse d'indication des plus sensibles, nous allons les rappeler au fur et à mesure de leur utilité.

Le dynamomètre ou peson reliant la suspension du filet au câble d'ascension indique à tout moment l'effort ascensionnel que l'aéronaute a à sa disposition. Cet instrument est précieux par excellence puisqu'il permet de régler les tractions verticales de l'aérostat sur son câble, en rapport direct de la violence du vent contre lequel il a à lutter, afin que la résultante de l'angle correspondant soit toujours à peu près proportionnelle à 45 degrés.

La poulie de retour fixée dans l'axe de la cuvette centrale, et servant d'intermédiaire au câble pour son renvoi horizontal jusqu'au treuil récepteur, est montée sur une tige portant une chappe marine spéciale, en fer forgé et fonte, reliée à un mouvement universel (à la Cardan) avec contrepoids équivalent, ramenant le tout à la verticale; ce triple mouvement permet toutes les inclinaisons possibles sous l'influence de la plus légère traction opérée par l'aérostat sur son câble, quel qu'en soit le sens de direction par rapport aux points cardinaux.

Le treuil récepteur du câble est construit en fonte avec joue à chaque extrémité formée par les roues d'engrenage appelées à recevoir le mouvement des machines au moyen de pignons en fer forgé.

Le tambour est venu de fonte tout uni à l'intérieur; il comporte extérieurement une série de gorges à section décroissante formant spirale continue, susceptible d'emmagasiner plus de 1.000 mètres de câble à la circonférence; les tourillons qui lui servent d'axe sont en fer et se trouvent logés dans le centre de chaque roue d'engrenage, pendant la coulée de ces pièces; ces deux dernières sont reliées au treuil au moyen d'une bride traversée par des boulons, de façon à former une pièce unique, après le montage, et le tout est supporté par deux paliers à coussinet en bronze à large surface, avec graisseur automatique.

Les roues d'engrenage du treuil sont actionnées par des pignons en fer forgé, mis en mouvement par quatre cylindres accouplés deux par deux pour chacune des machines motrices et placés à chaque extrémité du tambour: les manivelles sont calées à angle droit, afin d'avoir un couple de rotation aussi parfait que possible; le changement de marche est obtenu par une coulisse Stephenson, commandée au moyen d'un levier actionnant un arbre horizontal de reliage des mouvements; la marche du reste se fait par la robinetterie d'introduction de vapeur pour le rappel du ballon à terre, mais en vertu de sa force ascensionnelle, il sert lui-même de moteur dans la montée et actionne à son tour les cylindres, qui deviennent alors de simples corps de pompe, ce qui nécessite une seconde robinetterie d'échappement à air libre par un tuyau par-

ticulier; il existe encore, pour plus de sûreté, un frein automatique à air commandant le robinet d'échappement ci-dessus, de façon à arrêter insensiblement l'aérostat à la hauteur voulue, sans que le mécanicien ait autrement à s'en occuper.

Les chaudières horizontales sont au nombre de deux et chacune d'elles se trouve placée derrière une des machines motrices, elles ont une grande capacité et peuvent être utilisées sous une pression effective de 7 atmosphères. Nous nous étendrons tout à l'heure sur les efforts correspondants de toute la partie mécanique et aérostatique dont je viens de terminer la nomenclature.

MESURES GÉNÉRALES

Longueur du tambour sans les engrenages.	$8^{m},75$
Diamètre — —	5^{m}
Nombre de spires au total.	70
Diamètre moyen des gorges	$0^{m},125$
— — du câble.	$0^{m},115$
Longueur du câble enveloppable.	1.100^{m}
— du treuil avec les engrenages	10^{m},
Diamètre des roues d'engrenage	$6^{m},250$
Vitesse d'enroulement par seconde	$1^{m},500$
Traction sur le câble à cette allure	25.000 kil.
Force en chevaux de 75 kilogrammètres.	500 ch. vp.
Et sur l'indicateur des pistons (environ).	600 ch. vp.
Diamètre de la poulie universelle.	$3^{m},500$
— du dynamomètre	$0^{m},800$

MODIFICATIONS ET APPLICATIONS NOUVELLES

HAUBANAGE SPÉCIAL

SYSTÈME DE BALLONNET COMPENSATEUR A AIR ET APPAREIL TÉLÉPHONIQUE ET TÉLÉGRAPHIQUE DANS LES SPIRES DU CABLE D'ASCENSION

La pratique a démontré que la principale dépense journalière consistait dans la perte d'hydrogène éprouvée par l'appendice ou soupape de sûreté de l'aérostat, sous l'influence de la dilatation produite par les effets solaires et par la dépression barométrique, sur le gaz contenu dans l'enveloppe pendant les premières ascensions qui précèdent et suivent le passage du soleil au zénith.

Le phénomène contraire par condensation ayant lieu également en sens inverse, pendant la nuit et quelquefois même pendant le jour, sous l'influence réfrigérante des nuages et de la pluie, amène la déformation de la sphère aérostatique.

Il s'ensuit que, pour maintenir le ballon rigide de façon à lui permettre de résister à une poussée de vent violent,

il faut lui conserver intérieurement une pression suffisante pour s'opposer à toute déformation possible ; d'où l'inconvénient coûteux consistant à y introduire sciemment de l'hydrogène, la nuit et quelquefois le jour, avec la conviction formelle d'avoir à le perdre inutilement aux premiers rayons solaires qui suivent.

L'application d'une poche à air compensatrice placée intérieurement à la partie inférieure de l'aérostat permet de parer à ce grave inconvénient. Il suffit, en effet, d'envoyer de l'air dans le ballonnet [redacted] avec le ventilateur actionné par un petit cheval-vapeur indépendant, pour maintenir une pression bien égale dans la sphère, de façon à la rendre absolument indéformable, même sous une poussée de vent de 40 mètres par seconde de vitesse propre ; cette poche à air ayant [redacted] une soupape particulière, il devient possible d'en régler la pression en rapport des efforts que l'on peut redouter, quels qu'ils soient.

(A) par une dy… installée d… nacelle et … de terre … du cable (A)

L'air contenu dans le ballonnet s'échappe extérieurement pendant les ascensions par le pendentif à clapet de retenue et le gaz qui vient le remplacer trouve facilement le jeu nécessaire à sa dilatation pour une dépression barométrique égale à 1.000 mètres d'altitude ; car la capacité de ce dernier, qui est de 1/6e du volume de l'aérostat, serait encore suffisante pour parer en plus à un écart thermométrique du jour à la nuit pouvant être compris par environ 20 degrés centigrades.

Donc économie constante et sûreté très grande pour le maintien de l'appareil par gros temps ; j'ai du reste complété le système de compensateur qui précède, par un nouveau genre de haubanage équatorial à double effet, qui en augmente la valeur et peut faire considérer l'aérostat sur

ses amarres comme tellement stable qu'il est permis de l'admettre comme un solide de construction.

Le cordage d'ascension porterait encastré dans les gorges ou spires formées par le câblage trois fils télégraphiques communiquant par les tourillons du treuil avec un bureau récepteur : il sera donc facile et très agréable pour les ascensionnistes de pouvoir correspondre avec tout le réseau et d'envoyer de leurs nouvelles d'une altitude de 1.000 mètres au-dessus du commun des mortels.

Ces conducteurs électriques seraient en plus spécialement affectés à l'éclairage de la nacelle et de l'aérostat pendant les ascensions de nuit, en desservant des lampes à arc de très grande puissance à réflecteur mobile, et je laisse à penser l'effet produit sur le public de Paris par l'envoi de ces rayons lumineux d'un kilomètre de hauteur à des distances variables qu'il ne me paraît pas facile de déterminer comme étendue, faute de précédent.

Le système circulaire de débrayage instantané des engins d'arrêt placés dans les soutes de la nacelle et dont j'ai déjà parlé complète l'ensemble des modifications que j'ai cru devoir apporter à l'invention de mon cher et honoré maître Henry Giffard.

POIDS DES DIFFÉRENTS ORGANES SOULEVÉS

BALLON ET BALLONNET

		kilogr.
Détail.	Étoffe, coutures, bandes et vernis : surface 7.238.246 + 462 mètres de coutures transversales et longitudinales = 7.700$^{\text{mèt.}}$ × 1^{kil},200 =	9.240
	Bandes longitudinales : 150 fuseaux × 150.796 × 0,060 × 300 grammes = (environ).	408
	Bandes transversales d'équateur 2.000 mèt. × 2 × 0,060 × 300 grammes = (environ).	72
	Ballonnet annulaire inférieur 2.600 mètres × 600 grammes = ...	1.560
	Bandes du ballonnet, caoutchouc de collage et imprévu (environ)..	720
	Poids total = 12.000 kilogr.	

FILET ET SUSPENSION

Détail.	Réseau de mailles, équateur, haubans et amarres. $\frac{150.796}{2}$ + 15 % d'inclinaison × 768 × 0,117 =.	7.791
	Équateur, haubans et cordes de gonflement à gabillots $\frac{80}{2}$ × 768 × 100 grammes = ...	3.072
	Amarres du cercle d'acier 768 × 13 mètres × 100 grammes =.	998
	Suspension du dynamomètre 768 × 3 mètres × 50 grammes.	115
	Suspension de la nacelle 768 × 8 mètres × 80 grammes =.	491
	Imprévu sur l'ensemble, estimé	533
	Poids total = 13.000 kilogr.	
	A reporter. . .	25.000

CABLE D'ASCENSION

	kilogr.
Report. . .	25.000
$\frac{130+100}{2} \times \frac{\pi D^{-2}}{4} \times 1$ kilogramme $\times 1.000^{m}$, pour la partie soulevée = (en chiffre rond).	10.000

NACELLE

Détail.	Cercle de base intérieur. $6^{m} \times \pi \times 0{,}400 \times 0^{m}{,}080 \times 600^{kil.} =$	371
	Cercle de base extérieur $9^{m} \times \pi \times 0{,}400 \times 0^{m}{,}100 \times 600^{kil.} =$	679
	Montants verticaux $96 \times 1^{m}{,}400 \times 0{,}070 \times 0{,}040 \times 600 =$.	225
	Croisillons obliques $96 \times 1^{m}{,}200 \times 0{,}050 \times 0{,}050 \times 600 =$.	172
	Main-courante intérieure $6^{m} \times \pi \times 0{,}070 \times 0{,}070 \times 600 =$.	55
	Main-courante extérieure $9^{m} \times \pi \times 0{,}080 \times 0{,}080 \times 600 =$.	108
	Rayons formant lambourdes $48 \times 1^{m}{,}320 \times 0{,}350 \times 0{,}030 \times 600 =$.	398
	Surface du plancher $\frac{9^{m}+6}{2} \times \pi \times 1^{m}{,}320 \times 0{,}020 \times 600 =$.	372
	Cercle de suspension $9^{m} \times \pi \times \left(0{,}150 \times \pi \times \frac{0{,}150}{4}\right) \times 600 =$. . . .	280
	Boulons, ferrures et divers estimé environ. . . .	340
	(Le bois de noyer ressortant par 600 kil. du stère. Poids total = 3.000 kilogr.	
	A reporter. . .	38.000

ENGINS COMPLÉMENTAIRES

VOYAGEURS ET AÉRONAUTES

		kilogr.
	Report. . .	38.000
Détail.	Soupape supérieure, appendice automatique et clapet à double effet du ballonnet à air.	300
	Dynamomètre avec ses crochets, tuyauterie de l'aérostat porteur, et de la poche à air du ballonnet ensemble.	200
	Cercle d'acier, y compris les 12 cosses en fer forgé pour les amarres sur le sol (estimé).	200
	100 voyageurs et aéronautes × 70 kil. (en moyenne).	7.000
	Ancre d'arrêt en cas d'accident.	300
	Corde d'ancre lovée dans les soutes.	600
	Guiderope en jonc ou corde-frein.	900
	Lest en grenaille de plomb pour faire route.. . .	2.500
	Effort ascensionnel en traction sur le câble. . . .	6.000
	Poids total = 18.000 kilogr.	
	Poids général. . .	56.000

Étant admis en pratique que l'hydrogène pur est susceptible de soulever 1^{kil},150 grammes par mètre cube, l'effort disponible que l'on aura à sa disposition sera égal à l'énoncé suivant :

$$57.900 \text{ mètres} \times 1^{kil},150 = 66.585 \text{ kilogr.}$$

L'excédent entre la puissance ascensionnelle et le poids à équilibrer ressort en chiffre rond par environ 10,500 kilo-

grammes; mais ce surcroît a son utilité pour compenser le vide à laisser dans le ballonnet au départ du sol, afin d'éviter les pertes de gaz qui se produiraient infailliblement pendant la montée jusqu'au sommet des 1.000 mètres d'altitude fixée pour les ascensions.

En effet, l'augmentation pour un aérostat d'un volume théorique de 57.900 mètres est à peu près, pour une hauteur de 1.000 mètres, égale à environ 11 p. 100 de sa capacité moyenne, élasticité d'étoffe sous pression comprise :

or 57.900 mètres × 11 p. 100 = 6.369 mètres cubes de dilatation

et 6.369 mètres × 1^{kil},150 = 7.324 kilogr.

Ce n'est donc en réalité et brutalement que 3.000 kilogrammes d'effort effectif supplémentaire qu'il est prudent d'avoir à sa disposition pour augmenter au besoin, et suivant les circonstances et l'état de l'atmosphère, soit le nombre des voyageurs montants, soit la puissance ascensionnelle de l'aérostat, afin de ne rien laisser au hasard dans une affaire aussi importante que celle qui forme le sujet de la présente étude.

CALCUL GÉNÉRAL DES EFFORTS

ET VITESSE DU VENT CORRESPONDANT

TRAVAIL DU FILET ET DES SUSPENSIONS

La somme de rupture du filet étant au total et à la verticale de 900.000 kilogrammes, il nous reste à démontrer le rapport qui existe entre les efforts qu'il aura à subir pendant les ascensions d'abord et ensuite sur ses amarres à terre par les vents de tempête.

Les angles décrits par chaque cordeau pour former le réseau de mailles et envelopper la forme sphérique du ballon ramènent la charge vraie de rupture au total qui va suivre, l'aérostat supposé entièrement gonflé et en traction maximum sur le câble à sa grosse section.

La résistance initiale d'un simple cordeau étant de 1.200 kilogrammes, l'angle de la maille de 30 degrés et l'inclinaison moyenne du filet à la partie inférieure de 22 degrés pour le réseau de mailles se terminant aux pattes d'oie de suspension, on aura le résultat suivant pour l'effort effectif d'un des cordeaux travaillant verticalement.. . . . . 1.200 kilogr.

— sous l'obliquité de la maille. 1.035 —

— avec l'inclinaison du filet. . 955 —

d'où pour la totalité du réseau général composant le filet :

768 × 955 = en chiffre rond **730.000** kilos.

Si l'on considère que la charge maximum qu'il aura à supporter ne dépassera jamais la capacité du ballon supposé entièrement plein, multiplié par le coefficient de légèreté de l'hydrogène, défalcation faite du poids de l'étoffe de l'aérostat et de ses soupapes, on aura le rapport suivant :

$$\frac{730.000 \text{ kilogr.}}{66.585 - (12.000 + 300)} = 13.445 \text{ de coefficient.}$$

ou près de $1/13\frac{1}{2}$: chiffre très fort, mais nécessaire, comme je vais le démontrer plus loin, pour résister à un vent de près de 20 mètres par seconde pendant les ascensions captives; puis à une poussée de tempête ayant environ 40 mètres de vitesse initiale, le ballon supposé sur ses amarres et haubané au repos par temps d'orage.

Dans le premier cas, le poids du câble étant de 10.000 kilogrammes pour la partie soulevée et l'effort ascensionnel supplémentaire en traction verticale qui lui sera communiquée par l'aérostat étant en plus de 6.000 kilogrammes, le travail du filet sera conforme à l'énoncé ci-dessous pour une inclinaison de 60 degrés du ballon sur l'horizon; cette ouverture d'angle résultant d'une poussée atmosphérique d'environ 20 mètres par seconde doublerait très exactement l'effort de traction sur le dynamomètre.

Or 66.585 kilogr. — 12.300 kilogr. = 54.285 kilogr.
Et 54.285 kilogr. + 16.000 kilogr. = 70.285 —
d'où $\frac{730.000 \text{ kilogr.}}{70.285}$ = 10.386 comme coefficient, ou plus du $1/10^{e}$ de la résistance du filet.

Dans le second cas et si l'aérostat sur ses amarres à terre haubané tout autour de l'équateur était attaqué par une poussée atmosphérique de 40 mètres, il aurait à supporter l'effort énorme qui suit.

Étant donné que la résistance de l'air est de 135 grammes par mètre carré de surface plane pour une vitesse de 1 mètre par seconde et que le ballon avec son filet n'offre que 1/5e du plan mince, pour son passage dans l'atmosphère, la section du maître couple étant : $1.809^{m},552$

On aura pour l'aérostat sous un vent maximum de 40 mètres par seconde, en poussée :

$$\frac{1.809^{m},552}{5} \times 40^{-2} \times 0^{kil.},135 = 78.000 \text{ kilogr.}$$

effort à reporter sur environ la moitié du filet à l'équateur dans les plus mauvaises conditions d'attaque.

Or $$\frac{\frac{730.000^{kil.}}{2}}{78.000^{kil.}} = 4.679 \text{ de coefficient.}$$

Mais en raison des amarres inférieures du cercle de suspension qui viennent en prendre sous la poussée une partie ressortant par (environ) $\frac{1}{3}$ de la totalité, le rapport exact entre l'effort et la puissance devient:

$$\frac{78.000^{kil.}}{3 \times 2} = 52.000 \text{ kilogr.}$$

Et $$\frac{\frac{730.000^{kil.}}{2}}{52.000^{kil.}} = 7.019 \text{ de coefficient}$$

ou $\frac{1}{7}$ de la puissance exercée par un ouragan sur l'ensemble de l'appareil aérostatique.

TRAVAIL DE L'ÉTOFFE DE L'AÉROSTAT

Le ballon, pour pouvoir résister, sans se déformer, à ces efforts, devra conserver intérieurement une pression suffisante et supérieure à celle de la poussée, qu'il recevra sur sa surface extérieure sous l'action d'un vent normal pendant les ascensions captives et voire même sous l'ouragan, quand il sera amarré sur le sol et haubané à demeure par ses équateurs.

La section carrée de l'aérostat étant de $1.809^{m},552$,

Sa circonférence, de $150^{m},796$,

La résistance de l'étoffe, de 5.500 kilog. par mètre carré, on aura le rapport suivant pour un vent très violent de 20 mètres par seconde, qu'il ne faudra jamais dépasser en ascensions captives :

$$\frac{1.809,552}{5} \times 20^{-2} \times 135 \text{ grammes} = 19.548 \text{ kilogr.}$$

La pression intérieure nécessaire pour équilibrer sous cet effort l'étoffe du ballon sera la suivante en centimètres d'eau :

$$\frac{\frac{1.809,552}{5} \times 0,20^{-2} \times 135 \text{ grammes.}}{1.809,552} = 0^{m},0108$$

Il suffira donc de régler la soupape automatique sous une pression un peu supérieure pour n'avoir jamais à craindre une sortie de gaz et par conséquent pour maintenir l'aérostat sous une forme géométrique invariable; nous allons porter cette pression à $0^{m},020$ d'eau

sous laquelle nous réglerons les ressorts du clapet et nous rendre compte du travail de l'étoffe au moment de son ouverture.

$$\frac{1.809,552 \times 0,020}{150,796} = 240 \text{ kilogr.}$$

or $\frac{5.500}{240} = 22.916$ ou presque 23 fois comme rapport de travail du tissu à la base du ballon.

Il nous reste à calculer quelle sera la totalité de cette pression au sommet de l'aérostat près de la soupape supérieure, et, à cet effet, il nous faut faire rentrer en ligne de compte la hauteur de colonne d'hydrogène.

Le diamètre du ballon étant de 48 mètres,

Et l'excès de légèreté de l'hydrogène pur de $1^{k},150$, on aura pour toute la colonne :

$$48 \text{ mètres} \times 1^{\text{kil.}},150 = 55 \text{ kilogr.}$$

Ce qui nous donnera un total ramené en centimètres d'eau de $0,020 + 0,055 = 0^{m},075$.

Le travail du tissu à la partie supérieure serait donc théoriquement le suivant :

$$\frac{1.809,552 \times 0,075}{150,796} = 900 \text{ kilogr.}$$

Et $\frac{5.500^{\text{kil.}}}{900^{\text{kil.}}} = 6.111$ de la résistance.

Mais en raison du filet dont le réseau de mailles à la partie supérieure est tellement serré qu'il peut être considéré comme un second tissu venant établir une contre-pression directe et proportionnelle à la charge soulevée, puis du poids de l'étoffe elle-même pour la moitié de la

sphère à la partie supérieure de l'aérostat, on obtient avec ces corrections le résultat exact qui suit, comme rapport de résistance, abstraction faite de l'effort de compression inhérent au filet et égale à l'angle décrit par chacun des côtés du losange constituant une maille.

Poids et charges effectives dû et soulevé par le filet, le ballon supposé complètement gonflé =

	$66.000^{kil.}$	Reste 60.000^{kil} en chiffre rond.
à défalquer, poids et charges de $\frac{1}{2}$ de l'aérostat avec sa soupape, soit environ	$6.000^{kil.}$	

Or $$\frac{60.000}{1.809,552} = 0^{m},033 \text{ de contre-pression.}$$

Le travail au sommet devient donc en réalité le suivant sous l'ouverture de l'appendice inférieur :

$$0,020 + 0,055 - 0,033 = 0,042 \text{ d'eau.}$$

D'où, pour le rapport définitif et maximum du travail sur l'étoffe, la soupape automatique du pendentif supposé entre-bâillé :

$$\frac{1.809,552 \times 0,045}{150,796} = 540 \text{ kilogr.}$$

Et $$\frac{5.500}{540} = 10 \text{ fois la résistance de l'étoffe.}$$

Ce coefficient est des plus larges et de beaucoup supérieur à ce qui est admis en construction mécanique et pour la navigation en général.

Il est bon de faire observer ici que l'étoffe n'aura à

supporter cet effort que très rarement et seulement sous les effets de la dilatation, tandis que son travail normal qui ressort par la pression de colonne gazeuse moins le poids de la partie supérieure de l'étoffe, et celui dû et en charge sur le filet, comme il a été dit plus haut, n'est en réalité pour une marche ordinaire que de $0^{m},025$ d'eau au maximum ou de $\frac{1}{18}$ de sa rupture au sommet et un travail négatif à la base, puisque sans dilatation le gaz n'a aucune action sur la soupape inférieure ou appendice et laisse l'étoffe se supporter elle-même tout simplement.

Afin de rassurer complètement le lecteur et pour lui prouver l'impossibilité absolue d'une déchirure de l'enveloppe même sous l'effort d'un ouragan parcourant 40 mètres par seconde, chiffre à peu près inconnu dans nos climats, je dois établir le travail que l'étoffe aurait à subir et démontrer qu'il n'y aurait rien à redouter, étant donné l'aérostat sur ses amarres et haubané à demeure sur le sol :

$$\frac{\frac{1.809,552}{5} \times 40^{-2} \times 0^{kil.},135}{150.796} = 0,052 \text{ d'eau.}$$

Pour résister utilement à cette formidable poussée, il faudrait porter la pression du clapet de la double soupape d'appendice desservant le ballonnet à air jusqu'à $0^{m},055$, soit $0^{m},003$ de supplément à la partie inférieure de l'aérostat; dans ce dernier cas, l'effort au sommet, toute chose mise au pire, pour le moment où l'appendice du ballonnet compensateur serait en équilibre, ressort par l'énoncé ci-dessous :

$$0,055 + (0,055 - 0,030) = 0,080 \text{ d'eau.}$$

Et $$\frac{1.809,552 \times 0,080}{150.796} = 960 \text{ kilogr.}$$

or $$\frac{5.500^{\text{kil.}}}{960^{\text{kil.}}} = 5.729 \text{ ou près de } \frac{1}{6} \text{ de coefficient,}$$

comme rapport entre le travail maximum sous l'effet de la tempête la plus violente et la résistance disponible.

J'espère cette fois avoir convaincu les plus incrédules et vais passer sans plus tarder à la question du câble d'ascension qui mérite également que l'on s'y arrête.

TRAVAIL DU CABLE

L'effort ascensionnel en traction sur le câble ressortant par 6.000 kilogr. et le poids de ce dernier étant de 10.000 kilogr., on aura au départ sur le dynamomètre un total de 16.000 kilogr.

La maîtresse section du cordage au sommet pouvant résister à 100.000 kilogr., on trouve que le rapport pour un vent de 15 mètres par seconde donnant une inclinaison d'environ 45 degrés est égal à $\frac{100.000}{20.000}$ ou $\frac{1}{5}$ de sa rupture.

Maintenant, en supposant même que l'on soit surpris en l'air par un coup de vent spontané de plus de 20 mètres par seconde, ce qui doublerait très exactement l'effort ascensionnel initial et correspondrait à un angle de 60 degrés, il resterait encore un coefficient de résistance très suffisant :

Exemple : $\frac{100.000^{kil.}}{32.000^{kil.}}$ ou plus de $\frac{1}{3}$ de la rupture pour le sommet,

Et pour la base $\frac{60.000^{kil.}}{22.000^{kil.}}$ = ou près de $\frac{1}{3}$.

Il y a lieu d'admettre cette légère différence pour être certain que, si par impossible le cordage venait à se rompre, la rupture ne puisse se produire que sur la partie déroulée, la plus rapprochée du sol afin d'éviter d'une part la chute du câble sur la tête des spectateurs et d'autre part d'atténuer la vitesse ascensionnelle que posséderait l'aérostat pendant les premières secondes qui suivraient.

HAUTEUR MAXIMUM
ATTEINTE EN CAS D'ASCENSION LIBRE

Il ne faudrait pas s'émotionner du reste outre mesure si un pareil accident arrivait, car les heureux mortels qui se trouveraient à bord en seraient quittes pour une ascension libre ordinaire en nombreuse compagnie; et afin de les rassurer par avance, je vais essayer de leur démontrer ce qui se produirait en pareil cas, même en admettant le cordage détaché de son dynamomètre, c'est-à-dire en supposant 16.000 kilogr. d'effort ascensionnel effectif sur le ballon au moment du départ.

Cette supposition donne en mètres cubes d'hydrogène :

$$\frac{16.000^{kil.}}{1^{kil.},150} = 13.913 \text{ mètres.}$$

D'autre part on trouve que la vitesse de poussée de l'air nécessaire pour produire cet effort sur l'aérostat serait au maximum de 18 mètres par seconde. Cette vitesse est donc celle qu'il posséderait pendant la première seconde s'il quittait le câble, abstraction faite de la force d'inertie à vaincre pour entraîner l'appareil.

Il ne nous reste plus qu'à connaître la hauteur absolue qui sera atteinte au moment où le ballon se trouvera en équilibre dans l'atmosphère, c'est-à-dire quand les 13.913 mètres d'hydrogène auront été rejetés par l'appendice automatique inférieur sous l'influence de la dilatation produite par la dépression barométrique.

Le cube théorique du ballon étant de 57.906 mètres et le vide à laisser dans le ballonnet à air pour atteindre les 1.000 mètres d'altitude pendant les ascensions captives sans perte de gaz ressortant par environ 6.369 mètres :

Soit pour le volume gazeux contenu dans l'enveloppe à terre :

$$57.906 - 6.369 = 51.537 \text{ mètres},$$

l'effort ascensionnel effectif de 16.000 kilog. se trouvant représenté par 13.913 mètres de gaz, cela donne comme rapport pour le total de la dilatation générale en mètres cubes :

$$6.369^{m} + 13.913^{m} = 20.282 \text{ mètres cubes.}$$

Ceci une fois connu, il devient facile, en supposant que le départ se fasse de terre et en admettant la pression barométrique à 0,760 (abstraction faite des corrections thermométriques), de déterminer la hauteur d'équilibre de l'aérostat dans l'atmosphère en employant la formule ci-dessous :

$$51.537^{m} : 20.282^{m} :: 0,760 : x,$$

Ce qui nous entraîne à l'énoncé suivant :

D'une part $\log. P - \log. P' \times K = H$

D'autre part $\dfrac{P - P' \times D}{A} = K'$

Et $K' \times V = V'$

P Pression en centimètres de mercure à terre.
P' Pression en centimètres du mercure à l'altitude maximum.
K Coefficient constant 18.336.
H Hauteur obtenue en mètres.
D Densité du mercure.
A Pression d'une atmosphère en kilogrammes.
K'' Coefficient variable et proportionnel de dilatation.
V Volume primitif du gaz à terre.
V'' Volume définitif du gaz à l'altitude maximum.

En remplaçant toutes ces lettres par leur valeur, nous aurons pour la hauteur obtenue :

$\log. 760 - \log. 461 \times 18.336 = 3.980^{m},928$ d'altitude

et $\dfrac{760 - 461 \times 13{,}596}{10.333} = 39.341$

comme coefficient variable.

Or $51.537 \times 39.341 = 20.275^{m},170$ de dilatation.

Chiffre suffisamment d'accord avec celui trouvé plus haut et venant confirmer que le maximum de hauteur à température égale et en y comprenant la vitesse acquise ne pourra dépasser dans aucun cas 4.000 mètres en chiffre rond, altitude ordinaire des ascensions libres.

DÉBIT DES SOUPAPES

Puis il ne faut pas oublier que les aéronautes qui accompagneront les voyageurs auront à leur disposition la soupape supérieure qu'ils pourront ouvrir à leur volonté de

façon à diminuer la vitesse de la montée et à maintenir l'aérostat dans une zone plus basse, si cela peut leur paraître préférable.

C'est par la question du débit de l'appendice automatique inférieur ainsi que celui de la soupape supérieure que je vais terminer la partie technique du présent ouvrage pour bien démontrer aux amateurs d'ascension que l'appareil a été étudié jusque dans ses plus infimes détails.

L'appendice automatique ou soupape de sûreté inférieure qui a $1^m,60$ de diamètre et dont le clapet obturateur est réglé pour ne s'ouvrir que sous $0^m,020$ d'eau débiterait à lui seul et sans qu'il soit aucunement besoin d'y toucher un volume de gaz égal à ce qui suit, sous une pression totale de 4 à 5 centimètres d'eau correspondant à $\frac{1}{2}$ de sa course entière ; soit : $1^m,60 \times \pi \times \frac{400}{2} = 100$ décimètres carrés 531 de section.

La pression effective de 4 à 5 centimètres d'eau nécessaire à cette ouverture représente en moyenne une colonne d'hydrogène de 40 mètres de hauteur,

Puisque $40^m \times 1^{kil},150 = 46$ millimètres d'eau comme valeur de h;

d'où pour la vitesse d'écoulement :

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gP\frac{d}{d}} \text{ ou } 20^m,378$$

Et $100^d,531 \times 20^m,378 = 204^{m3},862$ par seconde ; ce qui donne le débit par minute ci-dessous :

$$204^m,862 \times 60'' = 12.291^m,720.$$

La vitesse de l'aérostat pendant la première minute, en mettant toute manœuvre quelconque de côté, étant, comme

il a été dit plus haut, de 18 mètres par seconde, la hauteur qu'il atteindrait dans les plus mauvaises conditions pendant le même laps de temps serait donc de :

$$18 \text{ mètres} \times 60'' = 1.080 \text{ mètres.}$$

Cette altitude correspond, pour la quantité d'hydrogène contenue dans l'enveloppe au moment du départ, à une augmentation de volume égal à l'énoncé suivant :

$$\text{log. de } 760 - \text{log. de } 663 \times 18336 = 1087 \text{ mètres}$$

et $$\frac{760 - 663 \times 13^{k},596}{10.333} = 12.763$$

comme coefficient variable.

Or $51.537 \times 12763 = 6.577$ mètres 667 de dilatation, volume de près de moitié inférieure au débit de l'appendice, comme l'on peut s'en assurer par les chiffres et formules qui précèdent.

Admettons maintenant que le disque obturateur de cette dernière ne s'ouvre même que de 1/3 de sa course totale ; la section qui en résulterait serait encore plus que suffisante pour le débit du volume engendré par la montée vigoureuse de l'aérostat pendant les premières minutes.

Exemple : $1^{m},60 \times \pi \times \frac{0,400}{3} = 0^{m},133$ d'ouverture pour toute la circonférence C ;

or $C = 5^{m},026 \times 0^{m},133$ ou 66[redacted] décimètres carrés[redacted] de section franche,

Et 66[redacted] $\times\ 20^{m},378$ de vitesse d'écoulement

$$= 136^{m3},218 \text{ par seconde}$$

d'où par minute $136,218 \times 60'' = 8.173^{m},080$

chiffre encore bien supérieur au produit de la dilatation, comme il est du reste très facile de s'en rendre compte.

Il ne faut pas oublier que nous supposons ici le ballon livré à lui-même ; mais jamais les ascensions n'auront lieu sans que les voyageurs ne soient accompagnés par quatre aéronautes qui, ayant sous la main à leur disposition la corde de soupape supérieure, ne manqueraient pas de s'en servir utilement.

Cette soupape, qui a $1^{m},20$ de diamètre, est elle-même plus que suffisante pour débiter à temps égal un volume de gaz correspondant à celui de la dilatation produite par la dépression barométrique. En effet, son disque obturateur a pour section franche 113 décimètres carrés et en le supposant ouvert seulement de 1/2 de sa course, soit : $\frac{0^{m},300}{2}$, on aura comme section $56^{dcm},548$ proportionnel au débit suivant, étant donnée la hauteur de colonne d'hydrogène qui naturellement est égale au diamètre de l'aérostat, (soit) de 48 mètres,

ou $$48 \text{ mètres} \times 1^{kil},150 = 55 \text{ millimètres d'eau comme valeur de } h;$$

or $$V = \sqrt{2gh} \quad \text{ou} \quad 24^{m},365$$

Et $$56.548 \times 24.365 = 137^{m},779 \text{ par seconde}$$

d'où par minute $$137^{m},779 \times 60'' = 8.266^{m-3},740.$$

Mais, en raison de la pression intérieure de 4 à 5 centimètres d'eau que le jeu de l'appendice de sûreté nécessite pour son ouverture automatique, la vitesse d'écoulement du gaz s'en trouvera augmentée d'autant au sommet de l'aérostat, elle deviendra proportionnelle à l'effet total ramené en hauteur de colonne gazeuse :

Soit : $48^{m} + 40 = 88^{m} \times 1^{kil},150$ comme valeur de h

ou $44^{m},831$ par seconde

Il suffira alors d'entre-bâiller le disque obturateur de la soupape supérieure d'environ $\frac{1}{4}$ de son ouverture pour obtenir un débit égal au produit de la dilatation dans le même espace de temps ;

$$\text{car} \quad 1^{m},200 \times \pi \times \frac{0,300}{4} \times 44,831 \times 60'' = 7.605^{m-3},417$$

chiffre toujours supérieur à celui nécessaire pour équilibrer le débit de la dilatation pendant les premières minutes d'ascension libre ; il sera donc facultatif au capitaine de bord de s'équilibrer bien avant la hauteur maximum des 4.000 mètres trouvée par les calculs, et sans qu'il soit besoin aucunement du jeu automatique de l'appendice de sûreté inférieur.

Je crois avoir suffisamment démontré qu'aucun accident n'est à redouter du fait du matériel aérostatique et qu'un départ libre se bornerait pour les voyageurs à une ascension ordinaire dont la descente serait régularisée par les aéronautes au moyen du lest en réserve et dont l'atterrissage s'effectuerait sous l'action des engins puissants d'arrêt, tels que guiderope, corde d'ancre et ancre lovés et parés dans la nacelle de façon à être largués sans la moindre manipulation préalable au moyen du débrayage spécial et instantané dont il a été parlé précédemment.

Il m'a paru utile de m'étendre longuement sur ces différentes questions, parce que ce sont les seules qui n'aient pas été suffisamment exposées dans les ouvrages qui ont paru sur le grand ballon captif à vapeur de 1878.

DEVIS DU MATÉRIEL COMPLET

AÉROSTAT ET BALLONNET

		francs.
Détail.	9.300 mètres carrés d'étoffe caoutchoutée pour l'aérostat, soit 8.700 mètres (en 107 de large) à 35 francs = ...	304.500
	1.960 mètres carrés d'étoffe pour les bandes intérieures et extérieures, soit 1.830 (en 107 de large) à 11 francs = ...	20.130
	1.200 kilogr. de caoutchouc tendre à 3 fr. . .	3.600
	600 kilogr. de — ferme à 4 fr. . .	2.400
	16.320 mètres de coutures triples ondulées à $0^{f},70$.	11.424
	32.640 mètres de collage de bande à $0^{f},30$. . .	9.792
	16.320 mètres de coupe et collage d'étoffe à $0^{f},20$.	3.264
	14.480 mètres carrés de vernissage (à 3 couches) à $0^{f},40$.	5.792
	2.200 kilogr. de vernis ordinaire et de vernis blanc à 2 francs.	4.400
	Fournitures de fils, tables et matériel de travail (estimé).	14.698
	TOTAL = 380.000 francs.	
	A reporter. . .	380.000

FILET ET CABLE

Détail.		francs.
	Report. . .	380.000
	8.656 kilog. cordeaux premier choix à. 2^{f},50 =	21.640
	3.380 kilog. cordes d'équateur à. . . . 2^{f},50 =	8.450
	1.964 kilog. cordes et suspensions diverses 2^{f},50 =	4.910
	10.500 kilog. câble d'ascension à. . . . 2^{f},50 =	26.250
	600 kilog. cordages pour l'ancre à . . . 2^{f},50 =	1.500
	1.200 kilog. cordages en jonc pour guiderope à. . . . . 1^{f}25 =	1.500
	3.240 kilog. cordages goudronnés pour haubans à . . . . 2 fr. =	6.480
	960 kilog. cordages goudronnés pour contre-haubans à . . . . 2 fr. =	1 920
	77.250 passages à goupilles formant les mailles à. . . . . 0^{f},90 =	69.525
	Pouliage, moufles, calliornes et cosses en cuivre.	11.700
	Hangar de construction, gabillots, épissures, transfils, façon de corderie et imprévu ensemble (estimé).	36.875

Total = 190.750 francs.

NACELLE ET SOUPAPES

Détail.		
	Nacelle toute garnie (estimé).	12.000
	Appendice automatique inférieur	1.500
	Soupape supérieure avec son chapeau	2.500
	Soupape additionnelle du ballonnet à air . . .	1.500
	Tuyauterie à spire en jonc à air et à gaz. . . .	2.500
	Ressorts tendeurs pour le réglage des soupapes.	1.000
	Cercle de la nacelle et imprévu	2.000

Total = 23.000 francs.

A reporter. . . 593.750

PARTIE MÉCANIQUE ET CHIMIQUE

		francs.
	Report. . .	593.750
Détail.	Chaudières, tuyauterie et robinetterie; machines et changement de marche; treuil et engrenages; coussinets, paliers; poulie et son mouvement à la Cardan; dynamomètre et ses crochets de suspension; cercle d'acier et son entourage de corde; ventilateur à clapet de retenue; petit cheval indépendant et sa chaudière; générateur à hydrogène et ses différents organes; laveur à fermeture hydraulique; sécheur à chlorure de calcium. *Ensemble*. . .	250.000

TERRASSEMENT ET CHARPENTE

Détail.	Terrasse, cuvette, tunnel, maçonnerie, scellements des poulies et treuil, charpente, bureaux, clôture et mâture des haubans, peintures diverses à la colle et à l'huile, couvertures des machines avec imprévu sur l'ensemble (*estimé*).	95.000

GONFLEMENT DU BALLON

58.000 mètres cubes d'hydrogène à 1 fr. l'un	58.000
Manipulation de tout le matériel aérostatique en journées d'ouvrier et imprévu (*estimé*)	3.250
PRIX DU MATÉRIEL EN PLACE. . .	1.000.000

RÉSUMÉ

Je vais, pour finir cette étude, rappeler les modifications que j'ai apportées au système Giffard et retracer les détails qu'elles comportent par numéro d'ordre et suivant leur importance :

1° Composition d'une étoffe encastrant cemme dans une gaine les quatre tissus résistants intérieurs de façon à leur conserver leur force primitive, en les éloignant des deux tissus extérieurs appelés à recevoir chacun un vernis spécial ; nous l'appellerons donc :

Étoffe à gaine de sûreté et à double face étanche.

2° Nouveau genre de fabrication de filet avec cordeau en quatre torons à enduit hydrofuge léger n'altérant pas le textile ;

Suppression des nœuds par des passages à goupilles transfilés et ligaturés, puis recouverts d'un cuir de friction ; le tout terminé par des suspensions à cablage particulier évitant toutes les épiscures sur les calliornes, gabillots, cosses, boucles, etc., etc. ; nous lui donnerons le titre suivant :

Filet et patte d'oie, à maillage sans nœuds avec cordages de suspension sans épissures.

3° Installation dans le câble d'ascension de fils conducteurs spéciaux, logés dans les spires formées par les trois torons qui le composent, permettant la communication constante par les tourillons du treuil entre le sol et la nacelle du ballon; on pourrait l'appeler :

Câble d'ascension à conducteur électrique, télégraphique et téléphonique.

4° Système de haubanage particulier de l'aérostat à l'équateur par traction des cordes de rallonge sur mâts spéciaux portant à leur sommet des poulies de renvoi transmettant par cordages les efforts de tension sur les treuils moteurs placés à leur base de façon à remonter la résistance dans le centre de poussée, d'où le titre suivant me paraît applicable :

Haubanage équatorial oblique à traction verticale.

5° La nouvelle application d'une poche à air inférieure ou d'un ballonnet annulaire, compensateur avec soupape à pression réglable suivant l'état de l'atmosphère, conservant à l'aérostat une forme sphérique, parfaitement tendue, et absolument indéformable; nous lui donnerons la dénomination suivante :

Poche à air compensatrice avec soupape d'appendice à pression variable.

6° Les diverses modifications qui viennent compléter celles qui précèdent sont les suivantes :

1° Encastrement de la poulie sur mouvement universel dans une chappe marine afin d'éviter toute sortie possible du câble d'ascension.

2° Débrayage mécanique et instantané en cas d'ascension libre de tous les engins d'arrêt pour l'atterrissage, au moyen d'un seul levier de commande, sans manipulation préalable ni manœuvre quelconque;

3° Plantation nouvelle des machines motrices sur le sol en arrière du treuil afin d'éviter les trépidations qui existaient sur le tunnel en 1878 et de façon à grouper tous les mouvements sous l'œil et bien à la portée du mécanicien.

CONCLUSION

Je terminerai en faisant observer qu'il existe, je crois, peu d'entreprise aussi facilement rémunératrice que celle que j'ai l'honneur de soumettre ici à l'appréciation générale et je conserve l'espoir qu'il sera donné suite à mon projet dans l'intérêt de la science aérostatique et afin d'honorer la mémoire de notre grand innovateur en aérostation, dans ce qu'il a fait de plus remarquable dans ce genre.

La tour de 300 mètres de hauteur, chef-d'œuvre de métallurgie moderne conçu par le célèbre ingénieur Eiffel, ne pourra que faire valoir l'appareil aérien dont les proportions, avec sa nacelle reposant sur le sol, représentent l'équivalent du sommet des tours Notre-Dame pour la soupape supérieure ; et qui, une fois au bout de son câble, atteindra plus de *mille mètres,* dépassant d'au moins trois fois, verticalement, l'altitude du chapiteau récepteur de l'immense colonne de fer, laquelle bien au contraire viendra lui servir de point de comparaison intermédiaire, en faisant ressortir la différence qui existe entre les deux systèmes au point de vue du vertige produit par le phénomène d'optique entre une ligne continue de 300 mètres mesurable à l'œil et une nacelle suspendue à un kilomètre dans l'atmosphère :

Dans cette conviction, je me bornerai, en attendant, à revendiquer la priorité de l'idée d'exécution du grand ballon captif populaire de l'Exposition internationale de 1889, tel que je viens de le raisonner.

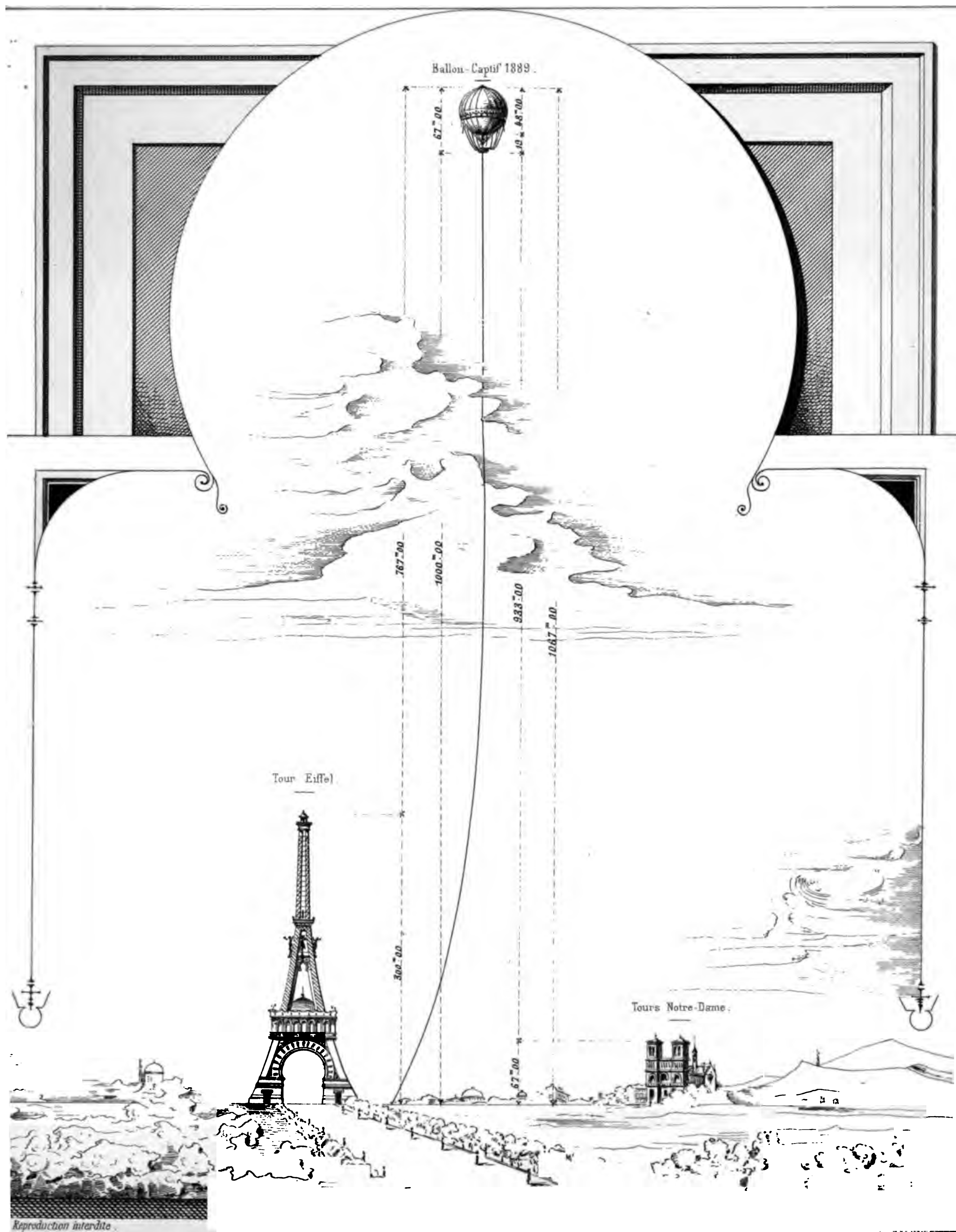
Cet appareil, de proportion gigantesque, serait appelé par sa colossale puissance à fixer l'attention du public et du monde savant au point de vue des expériences scientifiques possibles que l'on pourrait exécuter.

Ce premier Léviathan des airs, par son immensité même, entraînerait à sa suite tout ce que Paris renferme d'étrangers, et le résultat pécuniaire qui en ressortirait serait absolument certain, en ce sens que ce Great-Aestern aérien s'adresserait également à la masse du peuple par la modicité du prix qui pourrait être demandé pour les ascensions; il serait digne, en un mot, d'une nation comme la France, qui a vu naître Montgolfier, l'immortel inventeur de l'aérostation, et Paris sa capitale pourrait, à juste titre, revendiquer l'honneur de l'avoir mis debout.

L.-G. YON.

Paris, le 25 mai 1886.

Paris. — Typographie Georges Chamerot, 19, rue des Saints-Pères. — 19599.



Echelle au $\frac{1}{5000}$ d'exécution







